

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem pengereman

Sistem rem adalah sistem yang berada pada kendaraan dan merupakan sistem yang sangat penting perannya bagi kendaraan, disebut penting karena sistem rem merupakan sistem vital yang menjaga kendaraan dari kerusakan yang diakibatkan oleh benturan atau tabrakan pada saat kendaraan melaju (Agung Maulana, Yahan Nurhadi, 2010). Semakin tinggi kecepatan kendaraan melaju maka akan semakin buruk dampak kerusakan yang terjadi pada kendaraan jika tidak menggunakan sistem rem. Dampak buruk yang terjadi tidak hanya pada produk kendaraan itu tapi juga pada penumpang yang berada pada kendaraan tersebut, dan bahkan dapat menyebabkan kematian.

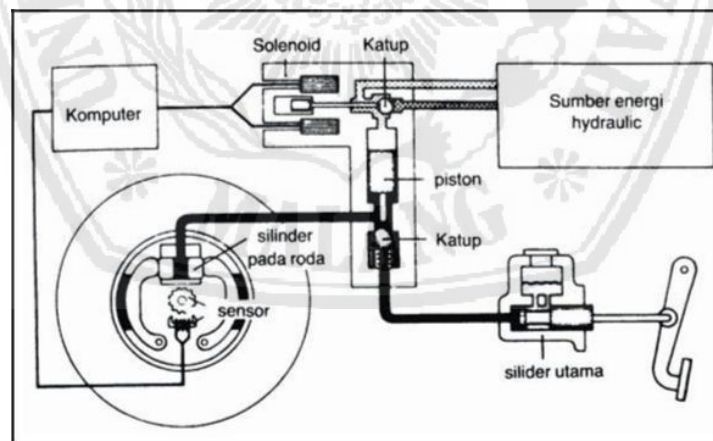
Fungsi dari sistem rem yaitu untuk mengatur kecepatan laju kendaraan dengan memanfaatkan perlambatan yang dilakukan pada roda kendaraan. Selain untuk mengatur kecepatan pada kendaraan sistem rem juga berfungsi untuk menghentikan laju kendaraan, sehingga dengan sistem rem maka pengemudi dapat mengatur dimana dan kapan kendaraan akan berhenti (Ryan Bagas Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000). Ditinjau dari fungsinya maka sistem rem merupakan sistem berfungsi sebagai sistem pengaman yang mencegah hal yang merugikan terjadi pada kendaraan.

Prinsip kerja sistem rem adalah dengan memanfaatkan gesekan antara dua permukaan benda yang menyebabkan perlambatan pada benda/objek yang berputar, dalam hal ini adalah roda. Prinsip kerja sistem rem berawal dari gaya yang diberikan pada pedal rem kemudian gaya diteruskan melalui media penghantar menurut jenis sistem rem itu sendiri, pada mekanik maka digunakan batang penghantar gaya pada hidrolik digunakan fluida cair, dan pada sistem rem pneumatik digunakan fluida gas. Setelah gaya tersebut diteruskan maka *pad*/kampus rem akan terdorong dan menekan *disk* atau tromol untuk bergesekan sehingga menghasilkan perlambatan kecepatan pada kendaraan (Ryan Bagas Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000).

Parameter yang ada pada sistem rem dibagi menjadi dua kategori, yaitu : parameter input dan parameter output. Parameter yang terdapat pada input sistem rem yaitu : gaya yang diberikan pada pedal rem dan kecepatan kendaraan saat melaju. Kemudian parameter yang terdapat pada output sistem rem yaitu jarak pengereman. Untuk menghitung parameter yang terdapat pada sistem rem maka akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab selanjutnya.

Seiring dengan perkembangan zaman dalam berbagai bidang maka teknologi mau tidak mau juga harus berkembang mengikuti kebutuhan dan tuntutan kehidupan yang dari tahun ke tahun terus bertambah. Begitu juga yang terjadi pada sistem rem kendaraan dari tahun ke tahun sistem rem terus berkembang sebagai sistem yang dinilai sangat penting keberadaannya pada kendaraan.

Dengan berdasarkan pengalaman dan penelitian yang terus dikembangkan pada sistem kendali rem kendaraan maka ada beberapa jenis sistem rem berdasarkan sistem kendali/kontrol, yaitu : sistem rem konvensional, sistem rem ABS (*antilock brake system*), sistem rem fitur EBD (*electrical brake distribution*), sistem rem fitur BA/EBA (*brake asistent/emergency brake asistent*). Yang akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab selanjutnya.



Gambar 2.1 Skema sistem rem
(Agung Maulana, Yahan Nurhadi, 2010)

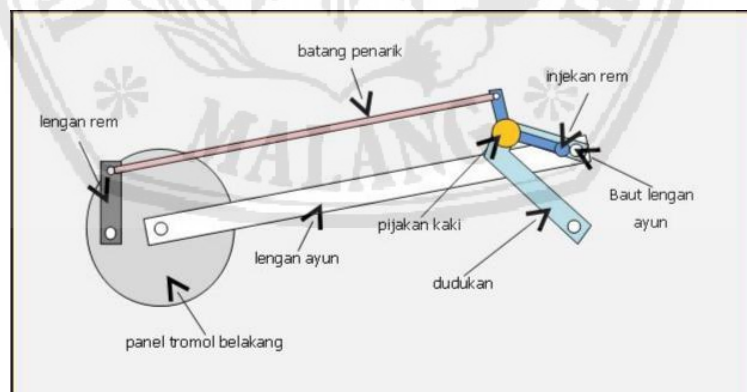
2.2. Jenis – Jenis Sistem Rem

Dengan banyaknya variasi kendaraan yang digunakan pada saat ini maka sistem rem juga harus disesuaikan dengan kondisi dari kendaraan yang ada, misalnya saja sistem rem yang ada pada kendaraan minibus tidaklah sama dengan sistem rem yang ada pada kendaraan seperti bus, hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan oleh bus jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan minibus sehingga digunakan sistem rem yang berbeda pada kedua kendaraan tersebut. Begitu juga kendaraan lainnya sistem rem yang digunakan haruslah sesuai dengan karakteristik dari setiap kendaraan (Afif Ahmad, 2015). berikut adalah jenis jenis sistem rem dibedakan menurut prinsip kerjanya, yaitu:

2.2.1 Jenis - Jenis Sistem Rem Berdasarkan Prinsip Kerjanya

1. Sistem Rem Mekanik

Sistem Rem Mekanik ini merupakan Sistem Rem yang paling sederhana dan tidak terlalu banyak memakai komponen. Sistem Rem ini umumnya digunakan untuk kendaraan kecil dan kendaraan lama, juga digunakan pada rem tangan (*hand brake*). Komponen Terpenting dalam Sistem Rem jenis mekanik ini yaitu sepatu rem, tuas dan kawat/seling (Afif Ahmad, 2015). Sistem Rem Mekanik lebih mudah dalam perawatan dan perbaikan karena kontruksi yang sederhana.

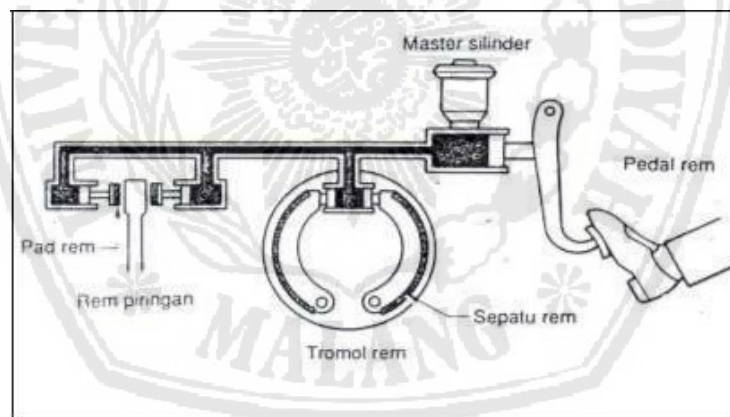


Gambar 2.2 Sistem rem mekanik
(Afif Ahmad, 2015)

2. Sistem Rem Hidrolik

Sistem Rem Hidrolik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida cair sebagai media penghantar/ penyalur gerakan. Sistem rem hidrolik ini perlu perawatan yang berkala karena komponen-komponen rawan terhadap kerusakan, apabila terjadi kerusakan/ kebocoran pada selang atau sambungan-sambungan penyalur fluida maka akan mengganggu siklus aliran atau kerja dari sistem rem hidrolik. Komponen terpenting dalam sistem rem hidrolik yaitu sepatu rem, master silinder, *actuator cylinder*, dan tuas (Afif Ahmad, 2015).

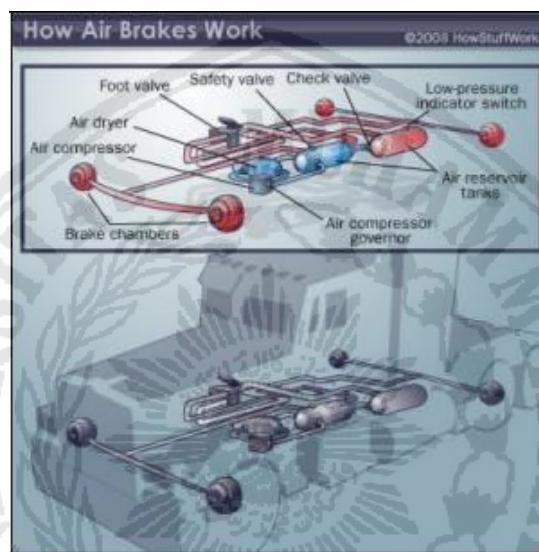
Sistem rem hidrolik ini bekerja yaitu apabila tuas pedal rem diinjak maka tuas akan meneruskan gerakan ke master silinder, didalam master silinder terjadi perubahan dari energi kinetik menjadi tekanan pada minyak rem yang kemudian diteruskan menuju *actuator cylinder* melewati selang/pipa-pipa tekanan tinggi, setelah tekanan sampai di *actuator cylinder* kemudian gaya tekan dirubah kembali menjadi gerakan/kinetik oleh *actuator cylinder* untuk menggerakkan sepatu rem yang kemudian menekan tromol / *disk* agar terjadi proses pengereman.



Gambar 2.3 Sistem rem hidrolik
(Afif Ahmad, 2015)

3. Sistem Rem Pneumatik

Sistem Rem Pneumatic merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida gas sebagai penghantar / penyalur gerakan. Dalam Sistem ini konstruksi tidak terlalu rumit karena sistem rem hidrolik ini merupakan sistem rem tambahan untuk membantu sistem rem kendaraan. Sistem rem hidrolik ini umumnya dipasang pada kendaraan berat dan besar karena membutuhkan daya pengereman yang besar juga. Komponen terpenting dalam sistem rem ini adalah kompresor, selang tekanan tinggi, dan katup pengatur (Afif Ahmad, 2015).



Gambar 2.4 Sistem rem pneumatic
(Afif Ahmad, 2015)

2.2.2 Jenis – Jenis Sistem Rem Berdasarkan Sistem Kendali/Kontrol

Jika dilihat dari teknologi yang digunakan saat ini sistem rem memiliki beberapa jenis teknologi yang dikembangkan hingga saat ini, teknologi terbaru dari sistem rem hidrolik adalah teknologi ABS (*antilock brake system*), EDB (*electronic brake distribution*) teknologi yang lebih maju dibandingkan dengan ABS dan telah digunakan hampir seluruh pengguna kendaraan pada saat sekarang ini, berikut adalah beberapa macam sistem rem berdasarkan teknologinya, yaitu sebagai berikut :

1. ABS (Antilock Brake System)

Menurut Mohamed Watany (2014) sistem rem hidrolis ABS (*antilock brake system*) adalah sistem rem yang terdiri dari komponen rem secara umum pada sistem hidrolis dan dibantu dengan bantuan komputasi untuk mengatur tekanan yang diberikan pada kaliper sehingga mendapatkan tekanan kaliper yang berirama pada piringan cakram.

ABS (*Anti-lock Braking System*) adalah sistem yang terkontrol secara otomatis untuk mencegah rem terkunci sehingga menyebabkan roda tergelincir dan tidak tentu arahnya sehingga mobil tidak terkendali. Macam – macam rem ABS Sistem pengereman anti-lock menggunakan skema yang berbeda tergantung pada jenis rem yang digunakan. Mereka dapat dibedakan dengan jumlah saluran yaitu : berapa banyak katup yang dikendalikan secara individual dan jumlah sensor kecepatan (Mohamed Watany, 2014), yaitu :

a. Empat - saluran, empat - sensor ABS

Ada sensor kecepatan pada keempat roda dan katup yang terpisah untuk semua empat roda, setiap roda secara individual untuk memastikan itu mencapai kekuatan pengereman yang maksimal.

b. Tiga - saluran, empat – sensor ABS

Ada sensor kecepatan pada keempat roda dan katup yang terpisah untuk masing-masing roda depan, tetapi hanya satu katup untuk kedua roda belakang.

c. Tiga - channel, tiga - sensor ABS

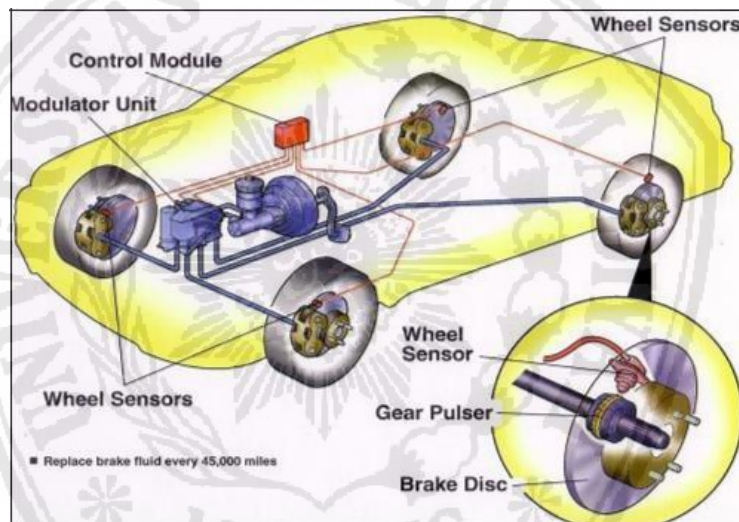
Skema ini, biasanya ditemukan pada empat roda ABS yang memiliki kecepatan sensor dan sebuah katup untuk masing-masing roda depan, dengan satu katup dan satu sensor untuk kedua roda belakang. Sensor kecepatan untuk roda belakang terletak di poros belakang. Sistem ini menyediakan kendali individu roda depan, sehingga mereka dapat keduanya mencapai gaya pengereman maksimum.

Roda belakang bagaimanapun dipantau bersama. Kedua roda harus mulai mengunci sebelum ABS akan mengaktifkan di bagian belakang. Dengan sistem ini mungkin salah satu roda belakang akan mengunci selama berhenti hingga mengurangi efektivitas rem. Sistem ini mudah untuk mengidentifikasi, karena tidak ada sensor kecepatan individu untuk roda belakang.

d. Satu - saluran, satu - sensor ABS

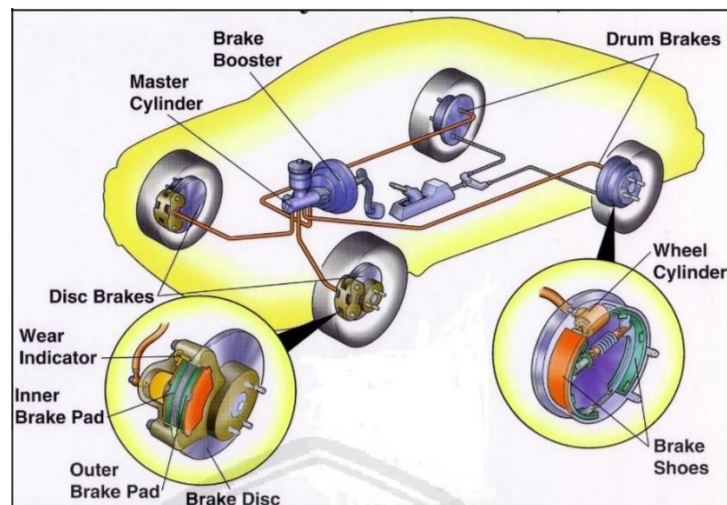
Sistem ini umumnya ditemukan pada kendaraan dengan roda belakang ABS. Sistem ini memiliki satu katup, yang mengendalikan kedua roda belakang, dan satu sensor kecepatan, yang terletak di poros belakang. Sistem ini beroperasi sama seperti bagian belakang sistem tiga-saluran.

Roda belakang dipantau bersama dan kedua roda harus mulai untuk mengunci sebelum ABS masuk. Dalam sistem ini juga mungkin bahwa salah satu roda belakang akan mengunci, mengurangi efektivitas rem. Sistem ini juga mudah untuk mengidentifikasi karena tidak ada sensor kecepatan individu untuk setiap roda. Berikut adalah gambar sistem rem hidrolik ABS dengan *wheel sensor* dan sistem rem hidrolik ABS dengan wear indicator.



Gambar 2.5 Sistem rem hidrolik ABS dengan *wheel sensor*

(Mohammed Watany, 2014)



Gambar 2.6 Sistem rem hidrolis ABS dengan *wear indicator* (Mohammed Watany, 2014)

2. Sistem Rem fitur EBD

EBD (*Electronic Brake Distribution*) merupakan fitur pengaturan distribusi tekanan rem secara elektronik, komponen EBD ini berfungsi untuk mengatur tekanan rem sesuai dengan beban dan kecepatan masing – masing roda sehingga dengan teknologi EBD seluruh pengereman dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Sehingga EBD dapat dikatakan sebagai fitur yang berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan rem pada masing – masing roda (Bambang Nurcahyono, 2012).

Fitur EBD dibuat sebagai pendukung fitur sistem rem ABS karena dengan perkembangan teknologi pengereman sistem rem ABS dianggap belum mencukupi kondisi ideal, sehingga kemudian dikembangkan fitur EBD untuk mendukung sistem rem ABS pada proses pengereman hingga kendaraan berhenti.

3. Sistem Rem BA / EBA (*Brake Asistant / Emergency Brake Asistant*)

BA merupakan fitur yang berfungsi untuk membantu proses pengereman, BA dan EBA bukanlah fitur yang terpisah tapi merupakan fitur yang sama. Fitur ini berfungsi untuk meningkatkan tekanan rem dalam kondisi darurat (Bambang Nurcahyono, 2012). fitur ini diciptakan dikarenakan banyak kecelakaan dan tabrakan terjadi akibat pengemudi menginjak rem kurang dalam pada kondisi

darurat karena panik sedangkan objek tabrakan dengan kendaraan jaraknya terlalu dekat.

Mekanisme kerja BA/EBA dengan sensor yang memonitor kecepatan roda dan kekuatan injakan pada pedal rem oleh pengemudi saat pengereman mendadak. Komputer secara otomatis memerintahkan penambahan tekanan pada kanvas rem jika pengemudi menginjak rem tidak terlalu kuat pada kondisi pengereman mendadak, fitur ini sangat efisien dengan dapat mengurangi jarak henti hingga 20% jika dibandingkan dengan tidak menggunakan fitur ini. Pada kendaraan yang dipakai saat zaman canggih seperti sekarang ini fitur BA / EBA di kombinasikan dengan fitur ABS / EBD.

2.3 Tipe – Tipe Rem

2.3.1 Rem Cakram (*Disk Brake*)

Rem cakram adalah perangkat pengereman yang digunakan pada kendaraan modern. Rem ini bekerja dengan menjepit cakram yang dipasang pada roda kendaraan, untuk menjepit cakram digunakan caliper yang digerakkan oleh piston untuk mendorong sepatu rem (*brake pad*) ke cakram. Rem jenis ini juga digunakan pada kereta api, sepeda motor, sepeda. Pada mobil balap bahan yang digunakan biasanya dari keramik agar lebih tahan terhadap panas yang ditimbulkan selama proses pengereman (Afif Ahmad, 2015).

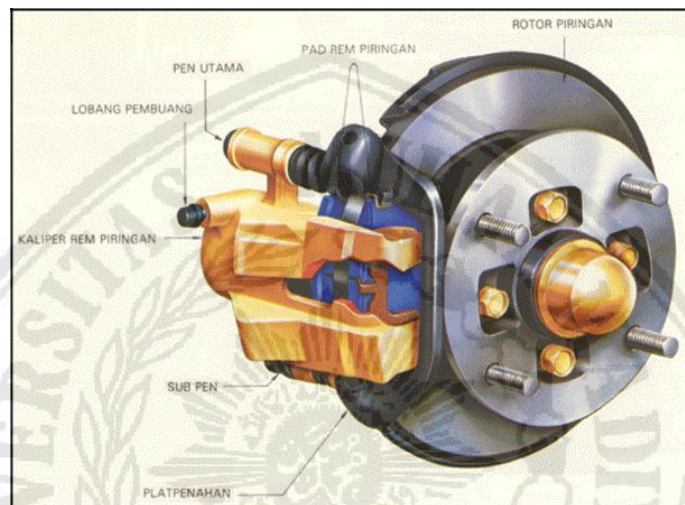
Prinsip kerja sistem rem adalah mengubah tenaga kinetik menjadi panas dengan cara menggesekan dua buah logam pada benda yang berputar sehingga putarannya akan melambat. Oleh sebab itu komponen rem yang bergesekan ini harus tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi.

EBD menggunakan sensor yang ada pada setiap roda kendaraan, dengan mekanisme kerja jika pengemudi menginjak pedal rem maka sensor membaca beban yang diterima pada setiap roda kemudian komputer memerintahkan kanvas rem untuk menekan piringan rem atau tromol sesuai dengan beban masing – masing roda sehingga pengereman menjadi seimbang. Sehingga jarak pengereman menjadi lebih pendek dan efektif.

Berikut adalah komponen– komponen pada tipe rem cakram, yaitu :

1. *Backing plate*
2. Silinder penyetel sepatu rem
3. Sepatu rem
4. Pegas pembalik
5. Kanvas rem
6. Silinder roda

Untuk lebih jelasnya berikut adalah gambar rem cakram, yaitu :

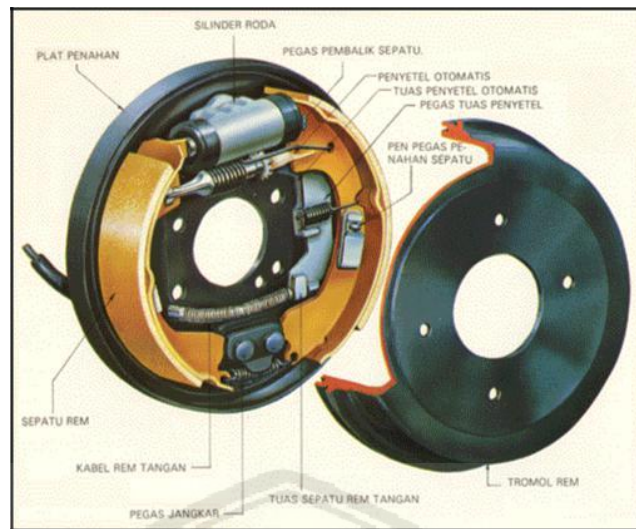


Gambar 2.7 Rem cakram
(Afif Ahmad, 2015)

2.3.2 Rem Tromol (*Drum Brake*)

Rem Tromol pada umumnya dibuat dari besi tuang. *Drum* rem ini dipasangkan hanya diberi sedikit renggang dengan sepatu rem dan *drum* yang berputar bersama roda. Bila rem ditekan maka kanvas rem akan menekan terhadap permukaan dalam *drum* (Afif Ahmad, 2015).

Karena itu, untuk mencegah *drum* ini menjadi terlalu panas ada semacam *drum* yang di sekeliling bagian luarnya diberi sirip yang terbuat dari paduan aluminium yang mempunyai daya hantar panas yang tinggi. Permukaan *drum* rem dapat menjadi tergores ataupun cacat, tetapi hal ini dapat diperbaiki dengan jalan dibubut bila goresan itu tidak terlalu dalam. Berikut adalah gambar rem tromol (Afif Ahmad, 2015).



Gambar 2.8 Rem tromol
(Afif Ahmad, 2015)

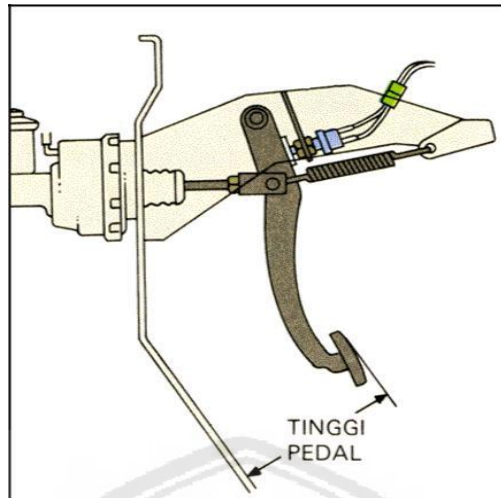
2.4 Komponen Sistem Rem

Untuk lebih memahami sistem brake/rem yang terdapat pada kendaraan, berikut adalah tabel komponen - komponen yang digunakan pada sistem brake/rem, beserta fungsinya (Hadi Suprpto, 2006), yaitu :

1. Pedal Rem

Pedal rem adalah komponen pada sistem rem yang dimanfaatkan oleh pengemudi untuk melakukan pengereman (Hadi Suprpto, 2006). Fungsi pedal rem memegang peranan yang penting didalam sistem rem. Tinggi pedal harus dalam tinggi yang ditentukan. Jika terlalu tinggi, diperlukan waktu yang lebih banyak bagi pengemudi untuk menggerakkan dari pedal gas ke pedal rem, yang mengakibatkan pengereman akan terlambat. Sebaliknya jika tinggi pedal terlalu rendah, akan membuat jarak cadangan yang kurang yang akan mengakibatkan gaya pengereman yang tidak cukup.

Pedal Rem juga harus mempunyai gerak bebas yang cukup. Tanpa gerak bebas ini, piston master silinder akan selalu terdorong keluar dimana mengakibatkan rem akan bekerja terus dikarenakan adanya tekanan hidrolis yang terjadi pada sistem rem. Disamping itu, harus terdapat jarak cadangan pedal yang cukup pada waktu pedal rem ditekan. Berikut adalah gambar pedal rem (Hadi Suprpto, 2006)



Gambar 2.9 Pedal rem
(Hadi Suprpto, 2006)

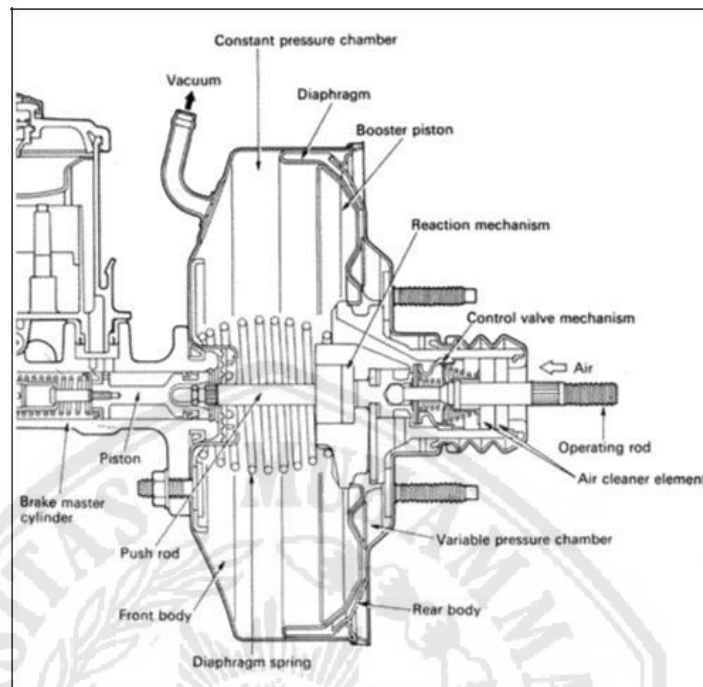
2. Booster Rem

Booster rem merupakan satu komponen pada sistem yang dipasangkan menjadi satu dengan master silinder dan setelah pedal rem, yang berfungsi untuk mengurangi tenaga yang diperlukan pengemudi dalam pengereman, booster rem ini merangkap antara pedal rem dan master silinder (Abigain Pakpahan, 2009).

Booster rem berfungsi untuk meneruskan tekanan yang diterima oleh pedal rem ke master silinder yang kemudian menekan fluida yang terdapat pada master silinder, saat sekarang ini master rem sudah banyak tidak digunakan dikarenakan komponennya yang memiliki banyak bagian sehingga membutuhkan perawatan yang lebih, komponen-komponen yang terdapat pada booster rem yaitu :

1. Piston
2. *Diaphragma spring*
3. *Push rod*
4. Diafragma
5. *Air cleaner element*
6. Vakum

Untuk lebih jelasnya mengenai booster rem maka berikut adalah gambar booster rem.



Gambar 2.10 Booster rem
(Abigain Pakpahan, 2009)

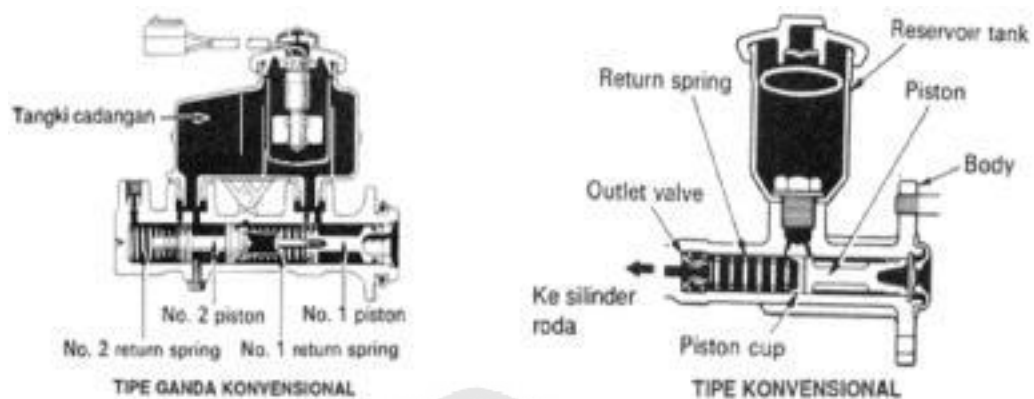
3. Master Silinder

Master silinder berfungsi untuk mengubah gerak pedal rem ke dalam tekanan hidrolis. Master silinder terdiri dari *resevoir tank* yang berisi minyak rem, demikian juga piston dan silinder yang membangkitkan tekanan hidrolis, keberadaan komponen master silinder sangatlah penting dalam sistem rem disebabkan master silinderlah yang berfungsi untuk menyediakan fluida dan juga menekan fluida dengan piston ke selang hidrolis (Hadi Suprpto, 2006).

Didalam master rem memiliki banyak bagian yang sensitif terhadap gaya dari pedal rem, selain itu master rem juga rentan terhadap kebocoran fluida yang dapat menimbulkan masalah pada sistem rem, untuk itu dibutuhkan perawatan yang berkala pada master rem kendaraan. Master silinder ada 2 type yaitu :

1. Tipe Tunggal : Tipe plunger, Tipe konvensional dan tipe portles;
2. Tipe Ganda : Tipe ganda konvensional dan tipe double konvensional.

Untuk lebih jelasnya berikut adalah gambar master silinder tipe ganda konvensional dan master silinder konvensional.



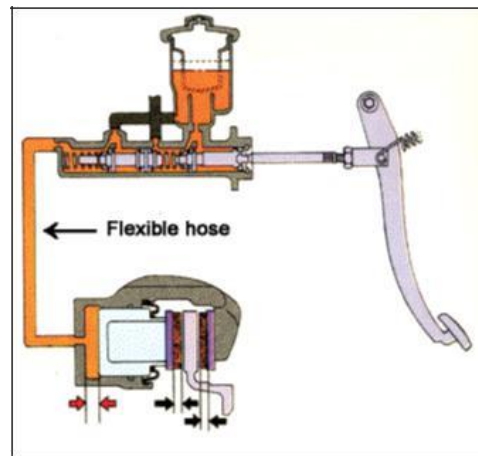
A

B

Gambar 2.11 (A) Master silinder ganda konvensional, (B) Mater silinder konvensional
(Hadi Suprpto, 2006)

4. Selang Fleksibel (*Flexible Hose*)

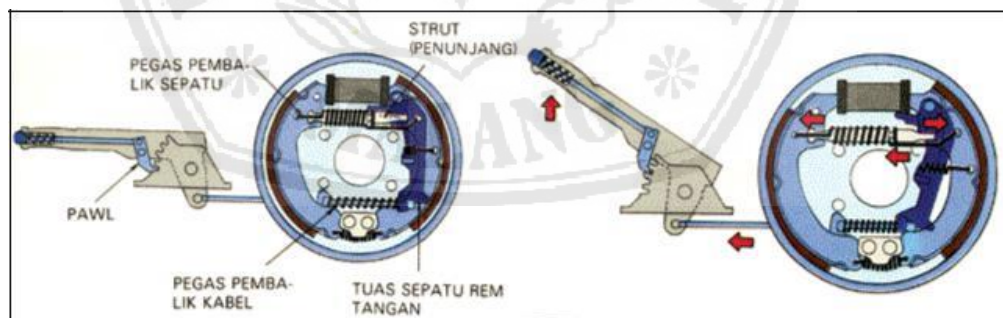
Selang fleksibel berfungsi untuk menghubungkan pipa rem dan caliper untuk mengimbangi gerakan suspensi. pipa rem berfungsi untuk menyalurkan minyak rem dari master silinder ke ke rem (Hadi Suprpto, 2006). Dikatakan fleksibel karena disebabkan selang yang digunakan untuk sistem rem haruslah lentur dan fleksibel sehingga dapat mengimbangi pergerakan dari *shock braker* dan tidak terjadi kerusakan pada selang fleksibel, apabila selang yang digunakan pada sistem rem kaku maka dapat terjadi kebocoran pada selang yang diakibatkan karena gerakan kejut yang terus menerus di alami oleh roda.



Gambar 2.12 Selang flexible
(Hadi Suprpto, 2006)

5. Tuas Rem Parkir/Rem Tangan

Tuas rem parkir/rem tangan dan kabel rem tangan berfungsi untuk mengerem roda roda belakang secara mekanis melalui batang penghubung dan kabel. Tuas rem juga untuk parkir kendaraan pada jalan turun / mendaki, alasan kenapa tuas rem parkir diciptakan karena pada saat parkir pengemudi tidak berada didalam kendaraan sehingga tidak mungkin untuk menginjak pedal rem sehingga diciptakan tuas rem parkir untuk menjaga agar kendaraan tetap berada pada posisi yang sama pada saat ditinggal pergi (Hadi Suprpto, 2006). Selain dari pada itu fungsi tuas rem sama halnya dengan fungsi pedal rem, hanya saja tuas rem tangan dapat dikunci. Berikut adalah gambar tuas rem parker.



Gambar 2.13 Tuas rem parkir
(Hadi Suprpto, 2006)

6. Kaliper (*Cylinder Body*)

Kaliper atau disebut juga dengan *cylinder body* merupakan komponen yang tidak bergerak dari rem cakram, kaliper ini memegang piston dan dilengkapi dengan saluran dimana rem minyak disalurkan ke silinder (Hadi Suprpto, 2006).

Ketika rem diinjak atau dioperasikan maka minyak dari master silinder akan menekan piston pada kaliper dan piston tersebut akan terdorong dan menekan *pad* / kanvas rem yang akhirnya akan bersentuhan dengan cakram (piringan rem). Dan kemudian laju putaran pada roda akan berhenti.

Kaliper menurut jenis pemasangannya dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (1) Tipe *fixed* Kaliper/*double piston*. (2) Tipe *Floating* Kaliper / *single piston*. Pada kedua jenis kaliper ini mempunyai perbedaan yaitu dijumlah piston yang digunakan pada kaliper. Berikut adalah gambar kaliper rem.



Gambar 2.14 Kaliper rem

7. Kampas Rem (*Pad Brake*)

Kampas rem (*pad Brake*) atau lebih dikenal dengan sebutan kampas rem merupakan komponen pad rem cakram dan tromol yang berfungsi bersama sama dengan piringan saling bergesekan untuk menghasilkan daya pengereman (Hadi Suprpto, 2006). Pada umumnya *pad* ini dibuat dari campuran *metallic fiber* ditambah sedikit serbuk besi, untuk *pad* jenis ini biasanya disebut dengan “*Semi Metallic Disc Pad*”

Ada dua tipe pad, yaitu pad dengan celah dan pad tanpa celah. Celah pada bagian tengah pad ini berfungsi sebagai indikator ketebalan pad yang diinjakan, sehingga ketika permukaan sudah rata ataupun dikatakan tidak terdapat celah lagi maka pad haruslah diganti karena sudah aus (terkikis). Pada sebagian *pad* terdapat komponen *metallic plate* atau *anti squeal shim* yang di pasang dengan tujuan untuk mencegah terjadinya bunyi saat berlangsungnya proses pengereman. Untuk lebih

jelasnya mengenai kampas rem pada komponen sistem rem maka berikut adalah gambar kampas rem yang digunakan pada kendaraan.



Gambar 2.15 Kampas rem
(Hadi Suprpto, 2006)

8. Piringan Cakram (*Disk Brake*)

Piringan / Cakram (*disk brake*) biasanya terbuat dari besi tuang. Menurut Hadi Suprpto (2006) ada beberapa bentuk dari *disc rotor* ini yaitu : (1) tipe solid (padat), (2) Tipe berlubang lubang (ventilasi) dan (3) Tipe solid dengan tambahan tromol. Tipe ventilasi terdiri dari pasangan piringan yang berlubang lubang yang berfungsi agar pendinginan pada rem cakram dapat maksimal, untuk mencegah *fading* dan menjamin umur yang lebih panjang pada piringan cakram

Pada tipe solid / padat tipe ini adalah tipe yang umum yang digunakan pada kendaraan roda empat, disebabkan biaya penggunaan yang lebih murah sehingga lebih ekonomis. Untuk tipe kombinasi antara piringan cakram dan tromol digunakan pada kendaraan dengan tipe beban berat sehingga membutuhkan tenaga gesekan yang lebih besar untuk menghentikan laju roda. Pada tipe kombinasi gaya pengereman yang dihasilkan menjadi dua kali lebih besar sehingga roda menjadi lebih cepat berhenti. Berikut adalah gambar piringan cakram rem yang digunakan pada komponen sistem rem kendaraan.



Gambar 2.16 Piringan cakram rem
(Hadi Suprpto, 2006).

2.5 Mekanisme Kerja Rem

Mekanisme kerja rem pada kendaraan dibagi menjadi beberapa mekanisme kerja sesuai dengan sistem kerja yang digunakan pada kendaraan, berikut adalah beberapa mekanisme kerja sistem rem berdasarkan sistem remnya (Ryan Bagus Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000), yaitu :

1. Mekanisme kerja sistem rem mekanik

Sistem rem mekanik ini merupakan sistem rem yang paling sederhana dan tidak terlalu banyak memakai komponen, sistem rem ini digunakan umumnya pada kendaraan kecil dan kendaraan lama. Komponen terpenting dalam sistem rem jenis mekanik adalah sepatu rem, tuas, dan kawat / seling (Ryan Bagus Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000).

Sistem rem mekanik lebih mudah dalam perawatan dan perbaikan karena konstruksi yang sederhana. Gerakan dorong dari tuas akan diteruskan ke sepatu rem dengan menggunakan kawat / seling semakin kuat / panjang tuas bergerak maka semakin kuat sepatu rem menekan tromol atau lintasan.

2. Mekanisme kerja sistem rem hidrolik

Sistem rem hidrolik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida cair sebagai media penghantar / penyalur gerakan. Sistem rem hidrolik ini sangat rumit dan perlu perawatan yang berkala karena komponen – komponen rawan terhadap kerusakan, apabila terjadi kerusakan / kebocoran pada selang atau sambungan – sambungan penyalur fluida maka akan mengganggu siklus aliran atau kerja dari

sistem rem hidrolik. Komponen terpenting dari sistem rem hidrolik adalah sepatu rem, *master cylinder*, *Actuator Cylinder*, dan tuas (Ryan Bagas Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000).

Sistem rem hidrolik ini bekerja ketika apabila tuas / pedal rem diinjak maka tuas akan meneruskan gerakan ke *master cylinder*, di dalam master silinder terjadi perubahan dari energi kinetik menjadi tekanan pada minyak rem yang kemudian diteruskan menuju *actuator cylinder* melewati selang / pipa – pipa tekanan tinggi. Setelah tekanan sampai di *actuator cylinder* kemudian gaya tekan dirubah kembali menjadi gerakan / kinetik oleh *actuator cylinder* untuk menggerakkan sepatu rem untuk menekan tromol / *disk* sehingga terjadi proses pengereman pada roda

3. Mekanisme kerja sistem rem pneumatik

Pada sistem rem pneumatik saat mesin hidup kompressor akan menyuplai udara ke *air tank* sehingga tekanan udara di *air tank* meningkat, saat tekanan melebihi batas maksimal (± 840 Kpa) secara otomatis air tank akan membuang udara tersebut ke atmosfer. Saat udara pada tekanan dibawah 740 Kpa kompressor kembali menyuplai udara ke air tank, begitulah seterusnya sehingga tekanan dalam *air tank* stabil. Udara dalam air tank mengalir melalui selang – selang udara untuk menunjang berbagai sistem. Dalam sistem rem udara mengalir ke selang rem (Ryan Bagas Wicaksono, Ranto, Yuyun Estrianto, 2000).

Saat pedal diinjak piston akan mendorong *plunger* sehingga membuka saluran menuju *brake chamber* dan menutup *release valve*. Pada *brake chamber* tekanan angin diubah menjadi gerakan mekanis sehingga terjadi gesekan antara brake lining dengan *drum brake* akibatnya kendaraan berhenti.

Saat pedal rem dilepas *plunger* terdorong keatas oleh *return spring* akibatnya *brake valve* tertutup dan *release valve* terbuka, sehingga tekanan dari *air tank* dihentikan dan tekanan didalam *brake chamber* berbalik ke *release valve* untuk dibuang ke atmosfer, dengan bantuan *return spring* tuas *brake chamber* kembali keposisi semula akibatnya rem menjadi bebas.

2.6 Macam-macam cara pengereman

Pengereman adalah tindakan untuk mengendalikan kendaraan yang sedang dikendarai sehingga laju dari kendaraan tersebut terkendali. Menurut Poul Greibe (2017) berdasarkan kondisinya maka macam-macam pengereman dibagi menjadi 2 macam yaitu :

1. *Service Brake* (pengereman kenyamanan)

Service Brake adalah tipe pengereman yang mengutamakan kenyamanan dalam proses pengereman. Gaya yang diberikan pada pedal rem disesuaikan dengan kecepatan kendaraan saat kendaraan melaju sehingga momen yang diakibatkan oleh proses pengereman yang terjadi sangat kecil. Kondisi pengereman seperti ini selalu digunakan dalam keadaan sehari-hari.

2. *Emergency Brake* (pengereman tiba-tiba)

Emergency brake adalah macam pengereman yang sangat mengutamakan keselamatan dalam proses pengereman. Gaya yang diberikan pada pedal rem ialah semaksimalnya sehingga momen yang terjadi dalam proses pengereman sangatlah besar. Tipe pengereman ini seperti ini dilaksanakan karena keadaan genting saat berkendara.

2.7 Gaya yang Terjadi saat Pengereman

1. Perbandingan Pedal Rem (K)

$$k = \frac{a}{b}$$

Dimana :

a = jarak dari pedal rem ke fulcrum/tumpuan

b = jarak dari pushrod ke fulcrum/tumpuan

2. Gaya yang keluar dari pedal rem (FK)

$$F_k = F \frac{a}{b}$$

Dimana :

F_k = gaya yang dihasilkan oleh pedal rem (kgf)

F = gaya yang menekan pedal rem (kgf)

$\frac{a}{b}$ = perbandingan tuas pedal rem

3. Tekanan Hidraulik (P_e)

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Dimana :

= tekanan hidrolik (kg/cm^2)

= gaya yang dihasilkan oleh pedal rem (kgf)

= diameter silinder pada master silinder (cm)

4. Gaya yang menekan pad rem (F_p). Gaya yang menekan pad rem menggunakan rumus :

Dimana :

F_p = Gaya yang menekan pad rem (Kgf).

d_1 = Diameter Silinder Tromol (cm).

P_e = Tekanan Hidraulik (Kg/cm²).

5. Gaya Gesek Pengereman (F_{μ}) Untuk menghitung gaya gesek yang ditimbulkan oleh rem menggunakan persamaan.

